

福山大学工学部紀要
第4号 1982年3月

極厚H型鋼柱, はり溶接接合部の脆性破壊に関する研究 (第2報)

中山 昭夫^{*} ・ 桑田 裕次^{**}

Study on the Brittle Fracture of Welded Beam-to-Column Connection of Heavy Steel (Report 2)

Akio NAKAYAMA and Hirotugu KUWADA

ABSTRACT

In preceding paper, we focused our attention on the two factors, that is, (1) material properties and (2) temperature which influence upon brittle fracture.

In this paper, we investigate the constraint intensity of plastic deformation which seems to have great influence upon the brittle fracture of actual steel structures.

Therefore the authors examine the fracture toughness of welded beam-to-column connections of heavy steel section, the thickness of flange plate is 38mm, by means of COD Testing. The dimensions of specimen ($B/W = 1/1$) is larger than the former specimen ($B/W = 1/2$).

1. はじめに

鋼材の脆性破壊発生要因には, (1)材質に関するもの, (2)温度に関するもの, (3)塑性変形の拘束効果に関するもの, (4)残留応力に関するもの, などが挙げられ, これらの要因が重畳して破壊現象が起これると考えられる。

前報告で注目した脆性破壊の発生要因は上で述べたうち, (1)および(2)であり, 小型 COD 曲げ試験を行なった結果について報告した。⁽¹⁾

本論文で明らかにしようとする主な要因は, (3)の塑性変形の拘束効果に関するものであり, COD 試験片のノッチ近傍における塑性変形の

拘束効果に着目し, COD 試験片寸法の B/W を $1/1$ (38mm/38mm) にした場合の破壊特性を求めようとするものである。

それ故ここでは, 前の実験と同様, 板厚38mmの柱, はり接合部を想定した模型を考え, 前報告の $B/W=1/2$ の COD 試験結果との比較を行なって, 塑性変形の拘束効果に関して検討を加える。

2. 実験概要

(1) 試験体

柱, はり接合部想定 COD 試験片は材料に

圧延鋼板を使用して製作した。これを模式的に図1で示す。

試験片のB/W値は図1のように、溶接接合された鋼板を切断する巾Bで決定した。

つまり、 $B/W=1/2$ の場合、 $B=19\text{mm}$ で切断するが、 $B/W=1/1$ の切断巾は38mmである。

試験体製作方法および試験体寸法の詳細を表1に示す。また、材料に使用した鋼材の機械的性質は表1に示す。

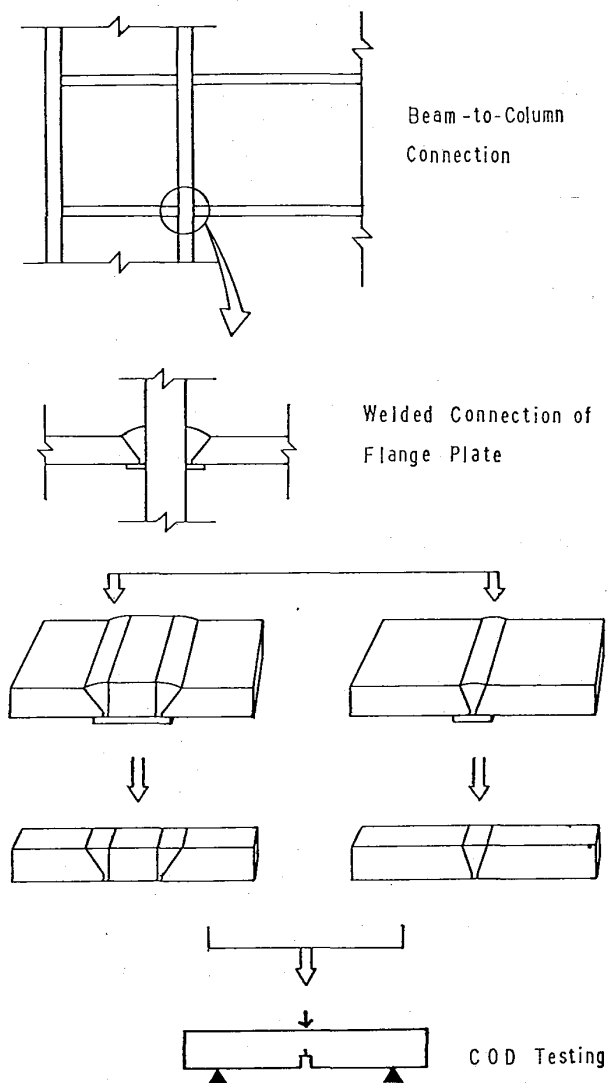


図1 COD試験体概要図

COD 試験片はノッチ先端の材質から分類でき、5種類のタイプに分けた。(図2参照)

各タイプの試験片についてノッチ先端の材質を表1のとうりに呼ぶことにする。

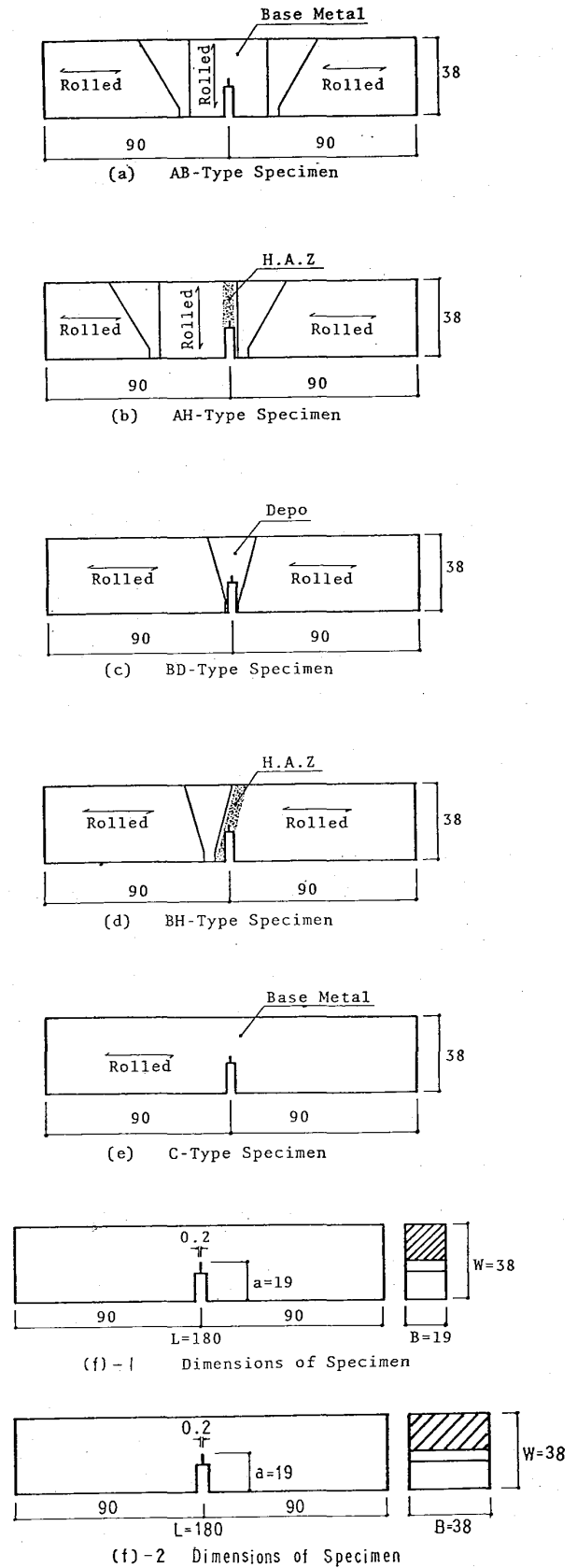


図2 COD試験片概要図

表 1 C O D 試験体比較表

比較事項	項 目	前 実 験 ⁽¹⁾	本 実 験
想定モデル	位 置	柱はり フランジ溶接部分	
使用鋼材	材 質	SS41, SM50YB	S S 41
	種別・寸法	鋼板 板厚38mm	
製作方法	溶 接	(CO ₂ +Ar)ガスシールド半自動溶接	
	切り出し	機 械 鋸	
	表面加工	フライス盤	
	ノッチ加工	機 械 鋸	
寸 法	厚さ B (mm)	19	38
	巾 W (mm)	38	
	ノッチ長さ α (mm)	19	
	ノッチ先端巾 (mm)	0.2	
ノッチ先端	Cタイプ試験体	ロール方向母材	
	AB "	板厚方向母材	
	AH "	板厚方向 H.A.Z.	
材 質	BD "	ロール方向 Depo	
	BH "	ロール方向 H.A.Z	
使用鋼材の 機械的性質 (ロール方向母材)	材 質	S S 41	SM50YB S S 41
	降伏応力 σ_y (kg/mm ²)	28.8	39.8 30.6
	終局耐力 σ_b (kg/mm ²)	48.6	57.7 45.5
	伸び ϵ (%)	—	26.1 34.5

(2) 試験方法

試験温度は日本の建築物で予想される温度履歴から範囲を -50°C 以上と考え、 -50°C 、 -20°C 、 0°C 、 20°C の4段階とした。

-50°C および -20°C は（エチルアルコール＋ドライアイス）で、 0°C は氷、 20°C は湯でそれぞれ保った。

載荷は、3点静的曲げであり、荷重スパン S は B/W 値に関係なく、 $S=4W$ (152mm) とした。

クラック開口変位はナイフエッジ面での変位をクリップゲージで測定した。

曲げ荷重～開口変位は X-Y レコーダに自動記録し、クリップゲージは較正を行なった。

以上、載荷状態での使用機器配置概要を図 3 に示す。

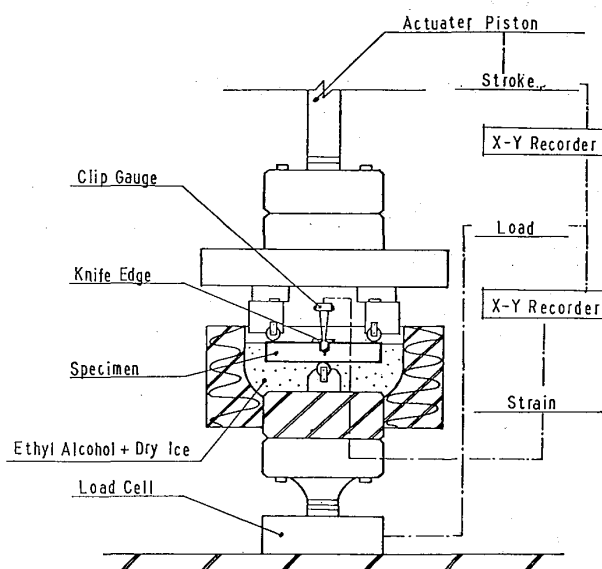


図 3 載荷機器配置概要図

また試験方法をまとめて、表 2 に示す。

表 2 C O D 試験方法比較表

比較事項	項 目	前 実 験 ⁽¹⁾	本 実 験
温 度	試 験 温 度	-50°C 、 -20°C 、 0°C 、 20°C	
	試験体の予熱時間	板厚に対して 20 sec/mm	
	予 熱 後 試験体の保温方法	試験体と同温度の熱媒体中で載荷実験(載荷中温度変化無視)	
載 荷	方 法	3 点静的曲げ (B. S. DD19 に従う) 荷重スパン: $S=4W$	
	使用装置	福山大学構造実験室内 島津製作所製サーボモータ EHF-U10	
	制 御	ピストンストローク変位制御載荷 ストローク変位速度: 0.2mm/sec	
記 録	荷 重	ロードセル検出, X-Y レコーダ自動記録	
	ピ ス ト ン ストローク変位		差動トランス検出, X-Y レコーダ自動記録
	ナイフエッジ面 クラック開口変位	クリップゲージ検出 X-Y レコーダ自動記録	
較 正	変動トランス		試験数回毎 ダイヤルゲージ測定
	クリップゲージ	試験数回毎 ノギス測定 ($1/20\text{mm}$)	試験毎 ノギス測定 ($1/20\text{mm}$)

3. 実験結果

(1) 硬度分布

前報告と同様、COD 試験実施前、室温域における試験片硬度分布をロックウェルBスケール (HrB) で測定した。

その分布状態を図4に示す。ここで一番硬い材質は、Depo、軟い材質は母材、これらの中間がH.A.Z. である。

この硬度分布状態は、前報告(試験片B/W=1/2)とほぼ同じと考えられる。

(図4および図5参照)

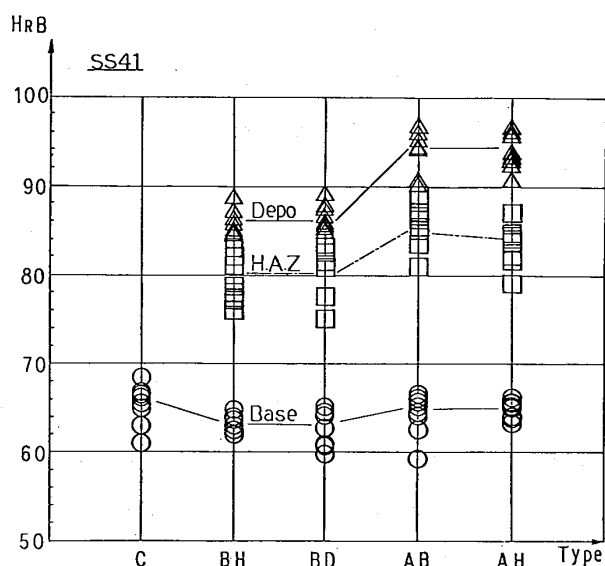


図4 HrB硬度分布 (B/W=1/1)

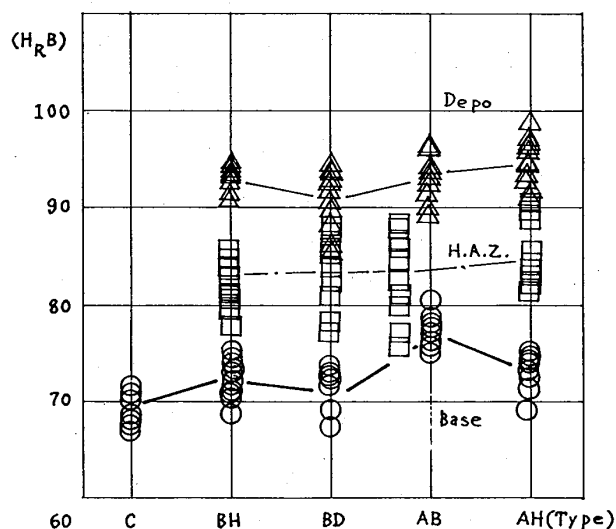


図5 HrB硬度分布 (B/W=1/2)

つまり、溶接熱により試験片の材質は変化するが、その度合を硬度分布で判断した場合、前報告と本報告で大きな違いは認められない。

(2) 横収縮率

曲げ载荷後、破断片の横収縮率を測定した。その結果を図6に示す。

図6によれば、横収縮率が大きい材質はCタイプ(ロール方向母材)であり、小さい材質はABタイプ、AHタイプ(以上板厚方向)およびBDタイプ(ロール方向Depo)である。BHタイプ(ロール方向H.A.Z)はこれらの中間に位置している。

いずれの試験片も温度の上昇に伴い横収縮率が増加する傾向を示すが、横収縮率の小さい3つのタイプについては、その変化が小さい。

試験片寸法B/W=1/2での横収縮率を図7に示す。図6と図7を比較した場合、板厚方向の材質(ABおよびAHタイプ)はB/W値の増加

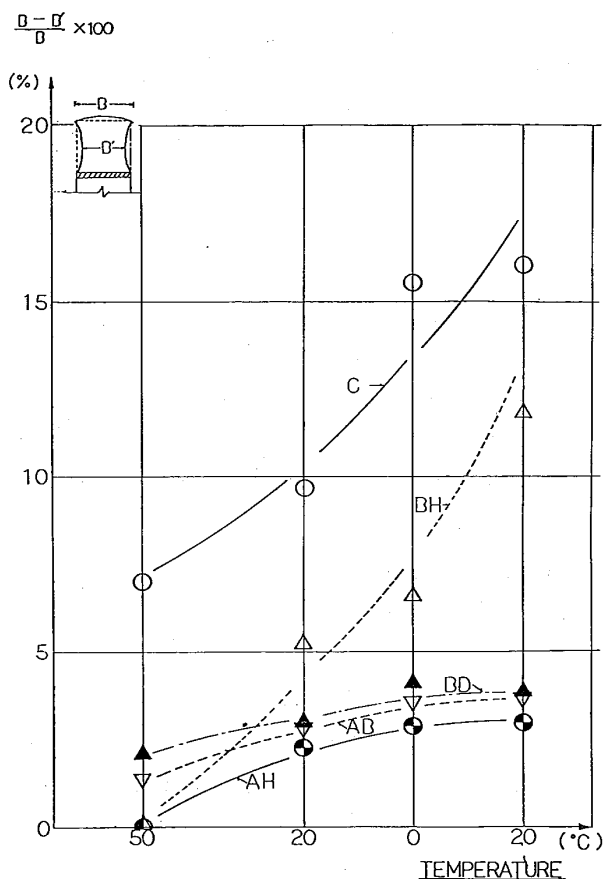


図6 横収縮率～温度曲線 (B/W=1/1)

に伴って横収縮率が低下しているようである。
また、温度に対する横収縮率の変化もゆるやかになっているようである。

しかし、ロール方向の材質については、これらの傾向にばらつきがあり、明らかでない。

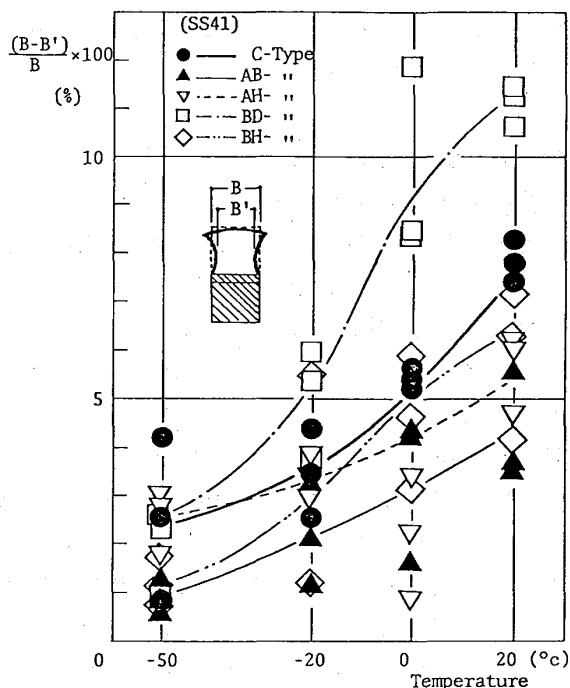


図7 横収縮率～温度曲線 (B/W=1/2)

(3) COD値

COD 値はナイフエッジ面のクリップゲージ変位から換算した。

クリップゲージ変位は、原則として最大荷重時の開口変位を有効とし、最大荷重に至る前に明確な荷重減少が見られた場合につき、その点での変位を有効とした。

有効クリップゲージ変位からCOD値(Φ)の変換には、Wellsにより導かれた①式を用いた。

B/W=1/1の実験結果についてCOD値と試験温度の関係を図8に示す。

図8を見れば、材質によってCOD値が違い、それらが大きく3つのグループに分類できる。

まず、COD値が大きく、靱性に富む材質は、Cタイプ(ロール方向母材)およびBHタイプ(ロール方向H.A.Z.)である。次にCOD値が小さく脆いグループは、ABおよびAHタイプの板厚方向の材質である。第3のBDタイプ(ロール方向Depo)のCOD値は、これらの中間にある。

COD値が大きいグループのCタイプとBHタイプを比較すると各試験温度とも両者のCOD値で大きな違いはないようである。このことは、

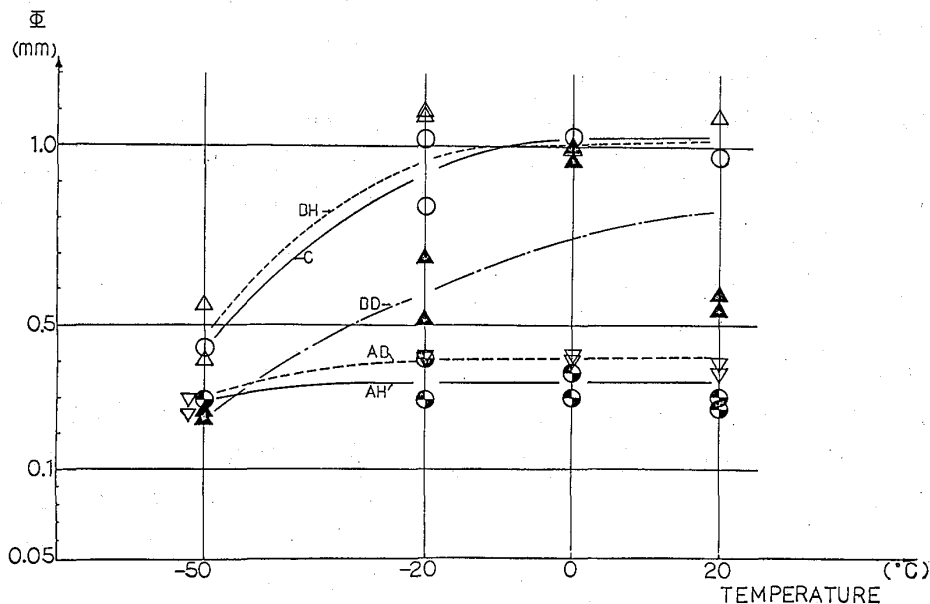


図8 COD値(Φ)～温度曲線(B/W=1/1)

$$i.) V_c \geq 2\gamma\sigma_y W(1-\nu^2)/E$$

$$\Phi = \frac{0.45(W-a)}{0.45W+0.55a+Z} \left[V_c - \frac{\gamma\sigma_y W(1-\nu^2)}{E} \right]$$

$$ii.) V_c < 2\gamma\sigma_y W(1-\nu^2)/E$$

$$\Phi = \frac{0.45(W-a)}{0.45W+0.55a+Z} \left[\frac{V_c^2 E}{4\gamma\sigma_y W(1-\nu^2)} \right]$$

① 式

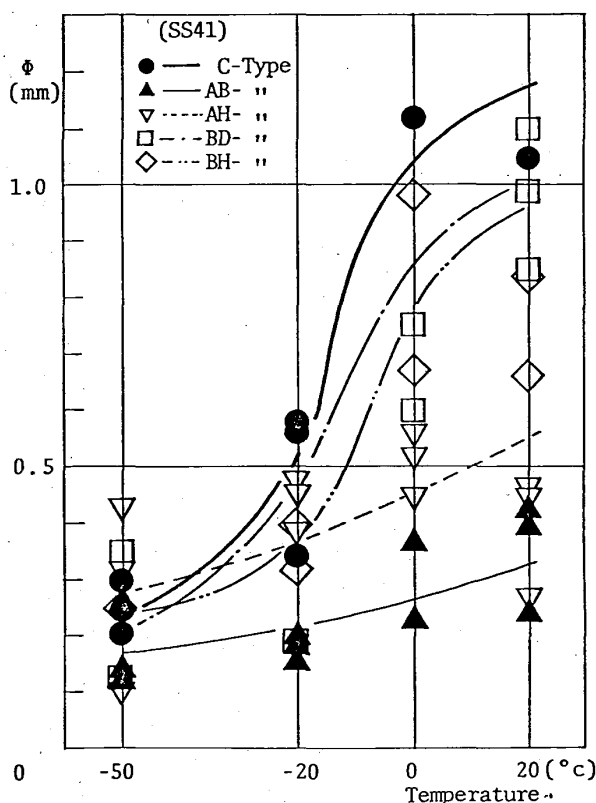


図9 COD値(Φ)～温度曲線(B/W=1/2)

COD値が小さいグループでも言えるようである。

前報告(B/W=1/2)のCOD値と温度の関係を図9に示す。

図8と図9を比較すると次のことがわかる。まず、各試験片タイプの分布をCOD値と温度の関係で見ると、図8と図9で大きな違いはなく、B/Wの影響が小さいようである。

次に試験温度におけるCOD値を比べた場合、図8の方が図9より若干小さいように思えるが、明らかではない。

(4) 破断様式

B/W=1/2と1/1でCOD試験後、破断片を比較した場合、クラック伝播経路に違いが認められた。(図10参照)

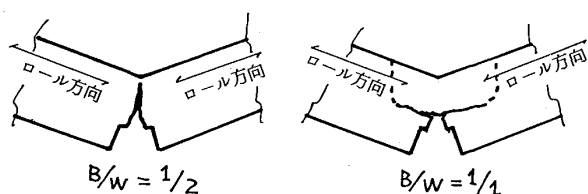


図10 クラック伝播状態模式図

図10の通り、B/W=1/2の場合、すべての試験片のクラックはノッチ加工を施した方向に伝播した。

しかし、B/W=1/1のときクラックが圧延方向に伝播し、ノッチを施した方向には伝播しなかった。これは、CタイプおよびBHタイプの20℃、0℃で発生した。この現象はラメラテア⁽³⁾と関連するものと考えられる。

4. おわりに

脆性破壊発生要因のうち、主に塑性変形の拘束効果を明らかにする目的で、38mmの板厚を想定した柱・はり接合模型を考え、B/W=1/1の小型COD曲げ実験を行い、前報告のB/W=1/2の実験データと比較検討した結果、次のことが言える。

- (1) 横収縮率とCOD値から判断すれば、B/W=1/1の方が1/2より脆い傾向を示すようであるが、両者で著しい違いは認められない。
- (2) クラック伝播様式について、B/W値が影響し、B/W=1/1のCタイプおよびBHタイプでラメラテア現象が起こるようである。
- (3) 今後、塑性変形の拘束効果を把握するには、よりB/W値の大きいCOD試験片での実験が必要と考えられる。

5. 謝 辞

本研究にあたり、実験作業、データ整理に上田要介、加藤淳(福山大学卒業研究生)両君の協力を得た。ここに記して感謝します。

(参考文献)

- (1) 中山昭夫他、極厚H型鋼柱・はり溶接接合部の脆性破壊に関する研究(COD試験)、福山大学工学部紀要 第3号、昭和56年3月30日、PP.96～PP.101
- (2) British Standards, Method for Crack Opening Displacement(COD) Testing, DD19(1972)
- (3) 永尾敏男他、ラメラ・テアの発生におよぼす継手の拘束度の影響(第2報)－H型拘束割れ試験による評価一、溶接学会誌 第46巻(1977)第1号、PP.38～PP.44

- (4) 鈴木春義, 改訂版最新溶接ハンドブック,
山海堂 昭和53年 6 月30日
- (5) 池田一夫, 切欠じん性の規格値とその根拠,
溶接学会誌 第45巻 (1976) 第10号,
- PP.18~PP.29
- (6) 金沢武他, 破壊力学と材料強度講座 8
脆性破壊 2 = 破壊靱性試験, 培風館
-